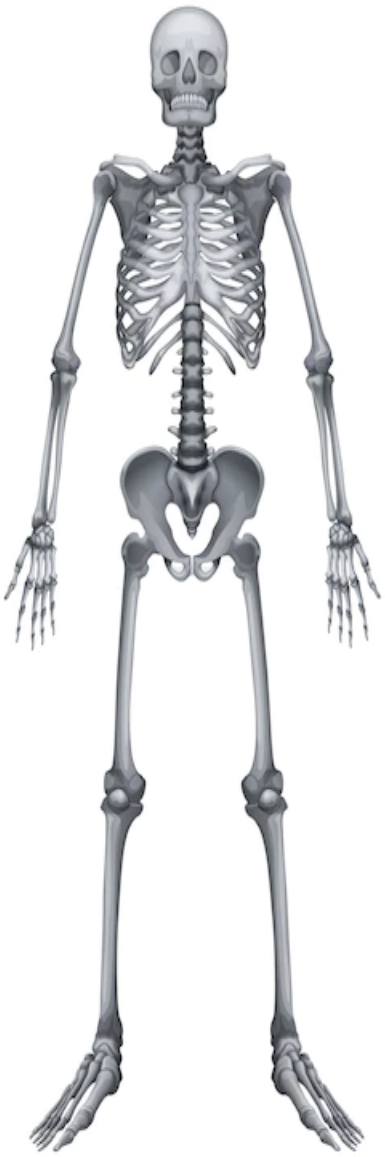
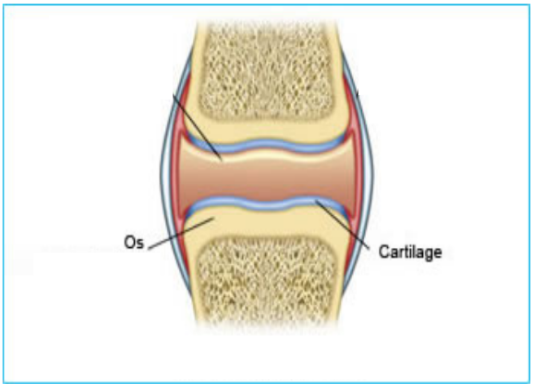
Chapitre 4 - LE SYSTÈME SQUELETTİQUE



Le système squelettique **soutient** le corps et fournit une surface pour que **les muscles se fixen**t. Le système squelettique **protège** les organes internes.

Le système squelettique se compose de deux types de tissus conjonctif (bağ doku), l'**os** et le **cartilage (**kıkırdak).



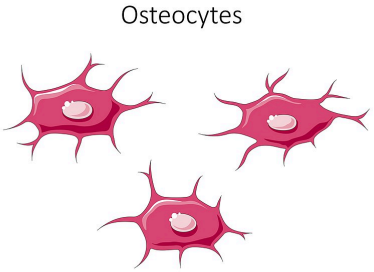
- Pendant la période embryonnaire, une grande partie du système squelettique est dans la structure du cartilage.

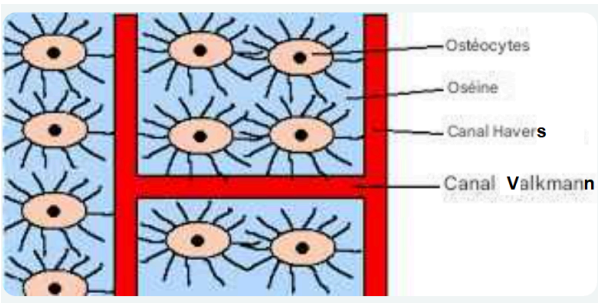
- A partir du deuxième mois de l'embryon, le processus d'ossification commence par l'accumulation de sels tels que le carbonate et le phosphate de calcium.

- Chez les individus adultes, le tissu cartilagineux continue d'exister dans des zones telles que les articulations, l'oreille et le nez.

I- Le tissu osseux

Les cellules du tissu osseux sont appelées **ostéocytes** et l'intermédiaire du tissu osseux est appelé l'**osséine (ou ostéine)**.





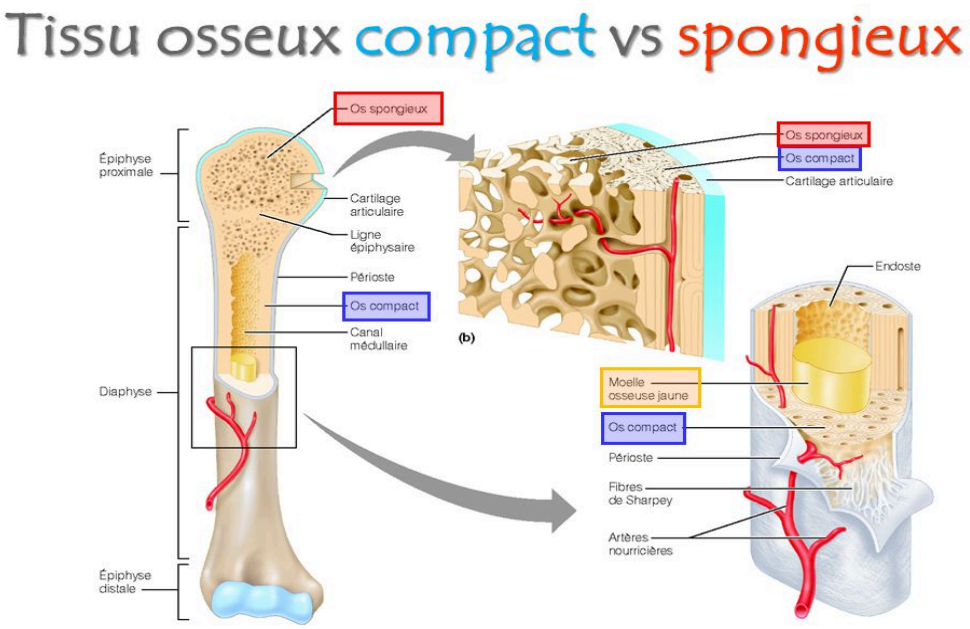
L'osséine ou ostéine (état solide) est composée des substances organiques et inorganiques.

Dans la partie **organique** il y a des* **fibres de collagène**, dans la partie **inorganique** il y a des sels de **fluorure de calcium et du magnésium**.

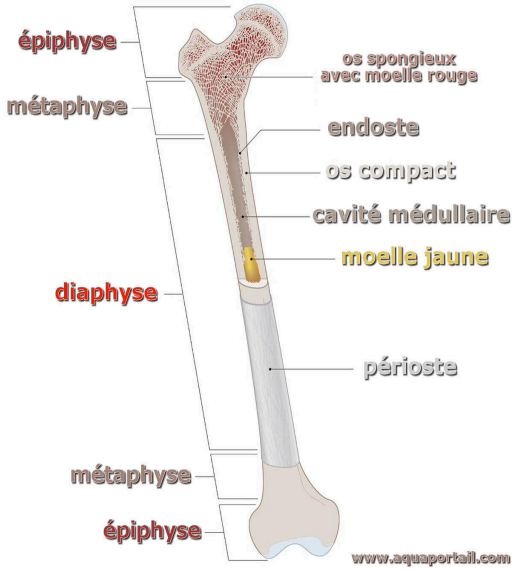
Les sels de fluorure de calcium et du magnésium, carbonate de calcium et de phosphate de calcium donnent de la dureté au tissu osseux. Les fibres de collagène, qui sont la partie organique, donnent de la flexibilité, de la résistance et de l'élasticité aux os.

Avec l'âge, la quantité de matière organique dans les tissus osseux diminue et la quantité de sel minéral augmente. En conséquence, sa fragilité (kırılganlık) augmente.

Selon sa composition et sa structure, il y a 2 types de tissus:



1-Tissu osseux spongieux (süngerimsi kemik doku) : il a une **structure poreuse** due au fait que des petites plaques osseuses sont reliées les unes aux autres laissant de l'espace. Un **os spongieux** peut supporter des pressions assez importantes grâce à sa structure. L'os spongieux est situé sur les extrémités des os longs et à l'intérieur des os plats (yassı kemik) et courts(kısa kemik).



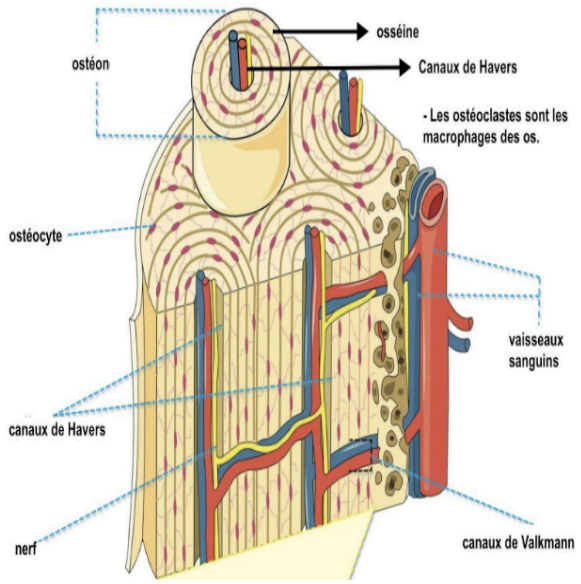
La moelle osseuse rouge (kırmızı kemik iliği) se trouve dans les cavités de l'os spongieux. Les **cellules sanguines** (kan hücreleri) sont **produites** dans la **moelle osseuse rouge.**

Les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes sanguines sont produites par la moelle osseuse rouge.

Après l'âge de 5 ans, la majeure partie de la moelle rouge se transforme progressivement en moelle jaune (fabrique des adipocytes = réserve de graisse). Chez l'adulte, la moelle rouge persiste uniquement dans les os plats axiaux (crâne, clavicule, sternum, côtes, scapula, vertèbres et pelvis) ainsi que dans l'épiphyse de l'humérus et du fémur.

2-Tissu osseux compact (sert,sıkı kemik doku): Il a une **structure rigide** due à l'accumulation intense de sels tels que le carbonate de calcium, le phosphate de calcium dans la substance intermédiaire.

La partie du corps des **os longs et la partie extérieure des os se composent du tissu osseux compact**. Ce tissu est formé d'unités de structure appelées **ostéon**.
Un Ostéon est constitué de couches osseuses disposées circulairement autour d'un canal central et de cellules osseuses situées dans les couches.



Le canal au milieu de l'ostéon s'appelle le **canal de Havers**, et les canaux qui relient les canaux Havers Horizontalement s'appellent le **canal Volkmann** .

Ces canaux comprennent les nerfs et les vaisseaux sanguins qui alimentent le tissu osseux. Les nutriments et l'oxygène nécessaires aux tissus osseux sont fournis par le vaisseau sanguin dans les canaux.
Les déchets sont également donnés au sang de la même manière.

Le **squelette humain** est composé de **206 os** constants. Ces **os sont supportés** par des **ligaments, tendons, muscles et du cartilage**, formant l'appareil locomoteur.
Le fœtus a un squelette cartilagineux dont l'ossification débute avant la naissance et continue jusqu'à l'âge

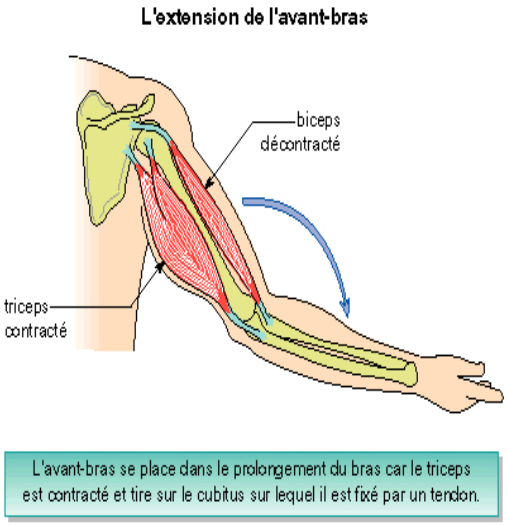
adulte.

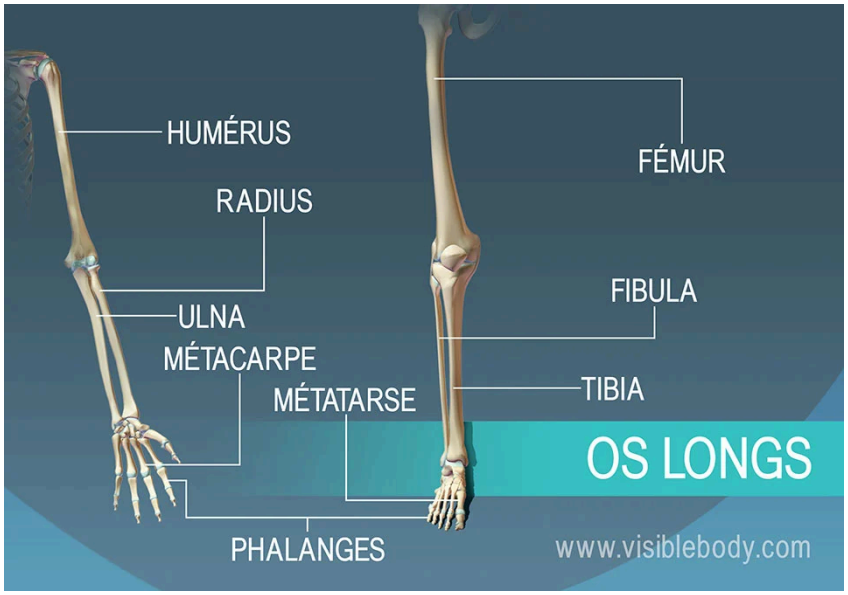
☐ Les Types d'os

Les os sont classés en **4 groupes** selon leur forme :

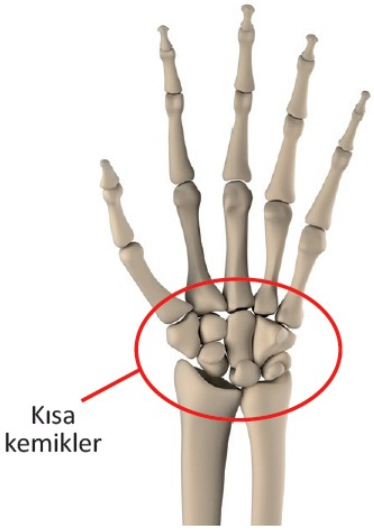
- **Os Long**: Leur longueur est plus grande que leur largeur.
  Des exemples d'os longs sont l'**os du biceps** dans le bras et les **os du fémur** dans les jambes.

le fémur

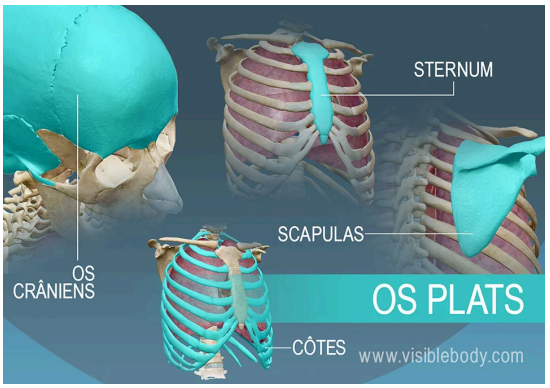




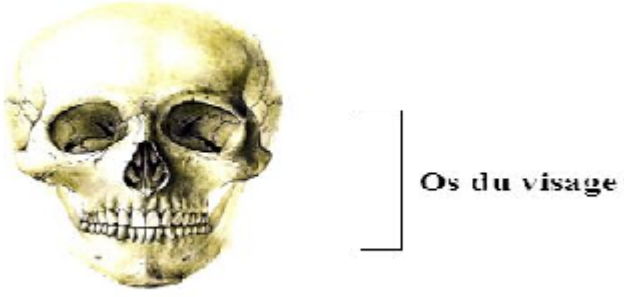
- **Os Court**: Ce sont des os dont la longueur, la largeur et l'épaisseur sont proches les uns des autres. Os du poignet situés entre l'avant bras et la main sont des exemples des os courts

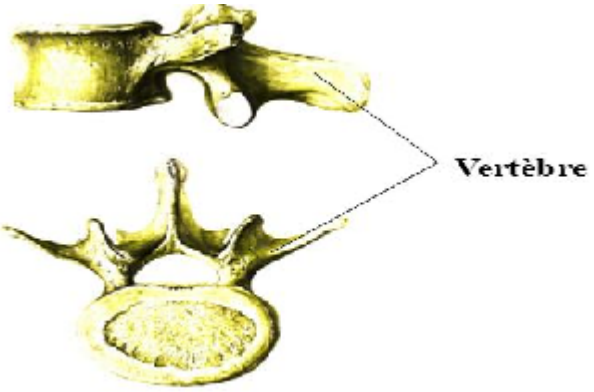


- **Os Plat**: Leur structure est plate et mince. Les os du crâne, les côtes, le sternum et l'omoplate sont des exemples d'os plats



- **Os irrégulier:** Ils n'ont pas de forme spécifique, ce sont des os solides qui résistent à la pression. Les vertèbres et les os de la mâchoire sont des exemples d'os de forme irrégulière





Différentes parties d'un os long

- Au centre du corps de l'os ou **diaphyse** se trouve la moelle jaune. Elle est jaune car elle contient de la graisse.
La moelle jaune produit quelques globules blancs.

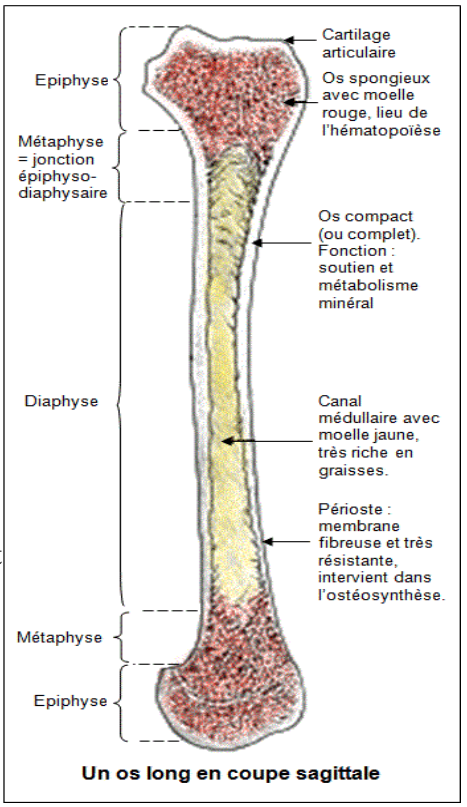
- La diaphyse est formée du tissu osseux compact.

- Au contraire, dans les têtes ou **épiphyse** il y a du tissu spongieux; dans le tissu osseux spongieux se trouve la moelle rouge,
c'est la partie où on fait la fabrication des cellules sanguines.

- La diaphyse ou corps de l'os est recouverte par une membrane, **le périoste.**

Le **périoste** a deux rôles principaux : permet la croissance d'os en diamètre et il assure la nutrition de l'os par les nombreux vaisseaux sanguins.

- Les épiphyses sont recouvertes d'une couche de **cartilage hyalin** dont le rôle est de faciliter les mouvements de l'os.



Un os long en coupe sagittale

Remarque :
Le périoste, le tissu osseux compact et le tissu spongieux se retrouvent dans tous les types d'os. La moelle rouge est présente dans tous les os chez l'enfant, mais reste localisée dans certains os chez l'adulte. La moelle jaune et les plaques épiphysaires sont spécifiques aux os longs, la moelle jaune étant présente dans leur diaphyse, et les plaques épiphysaires dans les os en croissance.

☐ Les Facteurs qui influencent le développement des os

- Les Hormones (calcitonine, parathormone, hormones sexuelles, STH)
- Alimentation (Les protéines, les minéraux et les vitamines A, C et D)
- Lumière du soleil
- Les facteurs génétiques

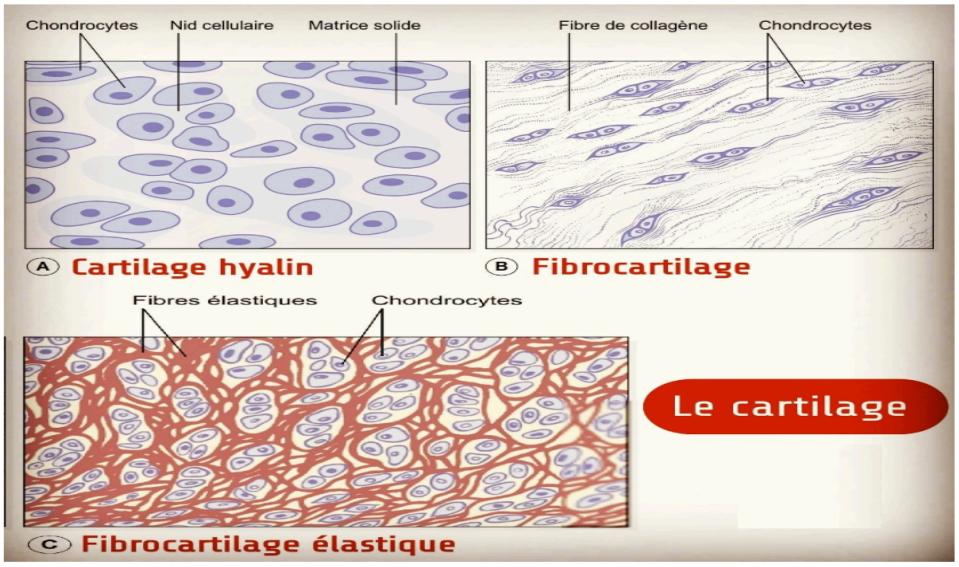
☐ Rôles du système osseux

- Il permet le mouvement avec les muscles.
- Il représente une réserve importante de minéraux, en particulier de calcium et de phosphore (vous avez appris que les hormones calcitonine et parathormone jouent un rôle dans le stockage et la libération du Ca)
- Il permet la fabrication des cellules sanguines, au niveau de la moelle osseuse.
- Il joue aussi un rôle protecteur de l'organisme

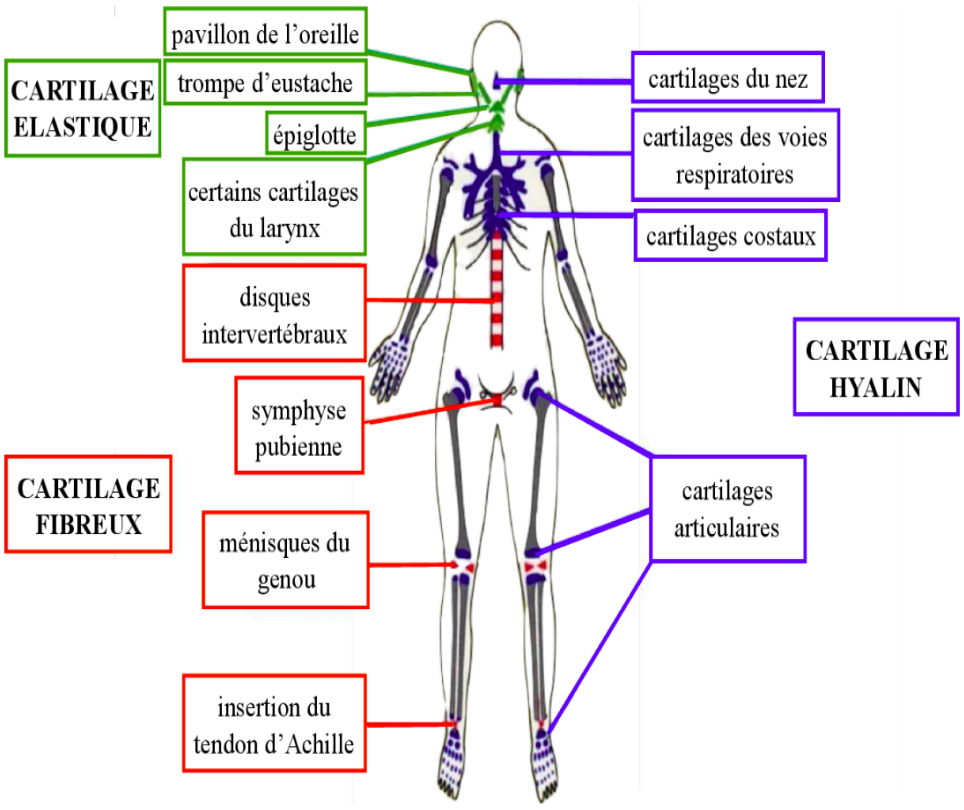
II- Le tissus cartilagineux

On le trouve dans **les articulations des os**, dans le **pavillon de l'oreille**, dans **le nez** et dans **la trompe d'Eustache**.

Les cellules du tissu cartilagineux sont les **chondrocytes** et sa substance intermédiaire est appelée **chondrine.** Les fibres structurées en protéines se trouvent dans la substance intermédiaire. Puisque l'intermédiaire du tissu cartilagineux est en forme de gel, l'os est plus flexible que le tissu osseux.
Dans le tissu cartilagineux il n'y a pas de vaisseaux sanguins, le transport des nutriments se fait par diffusion.

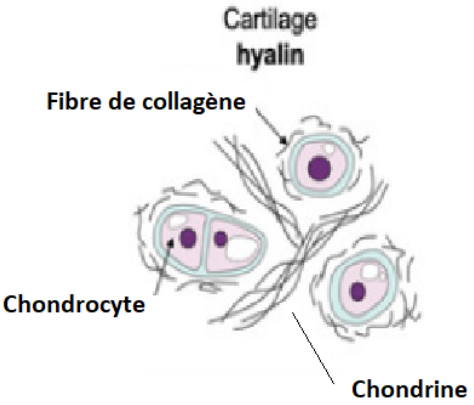


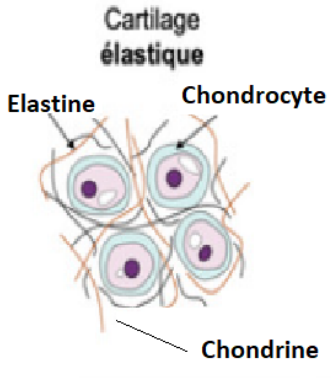
Le cartilage dans le corps humain



Selon la composition de la chondrine, on distingue trois types de tissus cartilagineux :
Hyaline, élastique et fibreux.

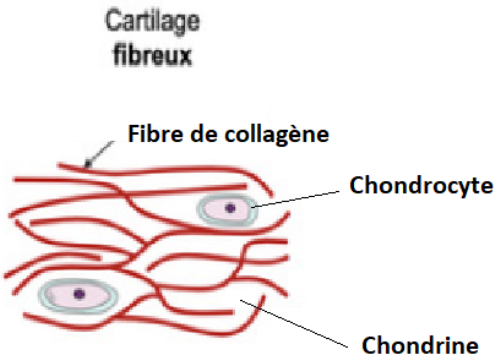
- Le cartilage hyalin
Il est riche en **fibres de collagène**. Il tapisse les surfaces osseuses des articulations mais il se trouve aussi dans le nez, la trachée et les bronches.





-Le cartilage élastique
C'est le cartilage qui a une capacité excessive à se plier. Il contient des **fibres élastiques**.
Ce cartilage est localisé dans le pavillon de l'oreille externe et dans l'épiglotte.

-Le cartilage fibreux
Il contient beaucoup de **fibres de collagène**.
De cette façon, c'est un cartilage résistant à la pression et à la traction.
Les cellules sont peu nombreuses.
Les disques flexibles entre les vertèbres qui composent la colonne vertébrale sont dans la structure du cartilage fibreux. Il se trouve aussi au niveau des **ligaments*, tendons***.



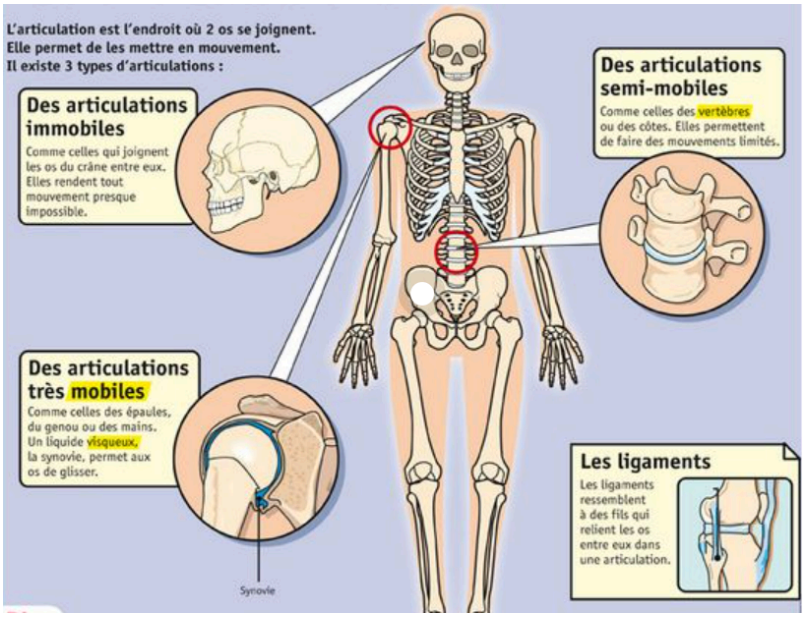
*Le **tendon** c'est ce qui attache le muscle à l'os.*

*Le **ligament** c'est ce qui attache l'os à l'os.*

III- Les Articulations

La zone où les os se connectent les uns aux autres s'appelle une articulation.

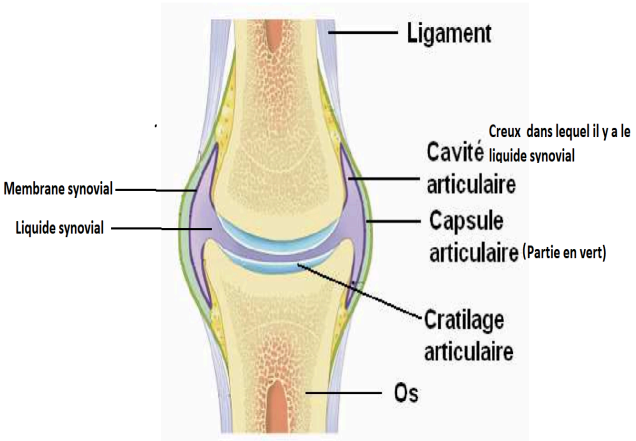
Selon la capacité de mouvement, il existe trois types d'articulations: les **articulations mobiles, les articulations semi-mobiles et les articulations immobiles.**



1. Les articulations mobiles

Parmi les autres types d'articulations, ils ont plus de capacité de bouger. Elles se trouvent entre les os des bras et des jambes. Les os des articulations sont reliés par les ligaments.

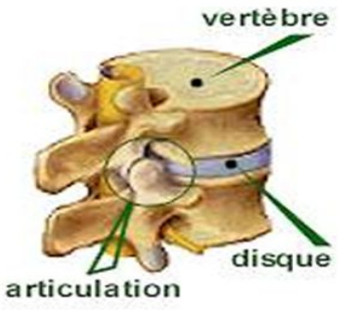
La capsule articulaire qui se trouve dans des régions articulaires est couverte par **la membrane synoviale** et elle est remplie avec **le liquide synovial** qui sert à faciliter le mouvement de l'articulation



2. Les articulations semi-mobiles

Les articulations semi-mobiles permettent moins de mouvements que les articulations mobiles.

Pour empêcher l'usure des os, elles comprennent un **disque** formé par les tissus cartilagineux.
Ex: articulation du cou et des vertèbres.

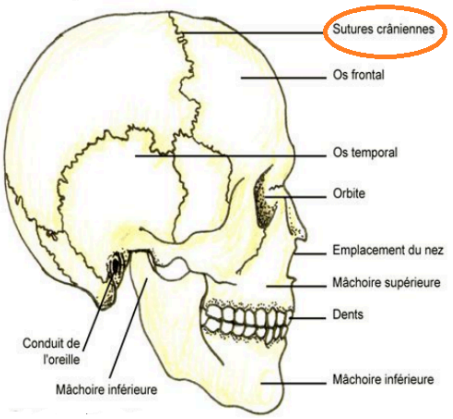


3. Les articulations immobiles

Les articulations immobiles ne permettent pas de mouvement.
Ex: les os du crâne.

Articulations immobiles

Exemple: le crâne renferme des os reliés entre eux par des sutures qui les rendent fixe.



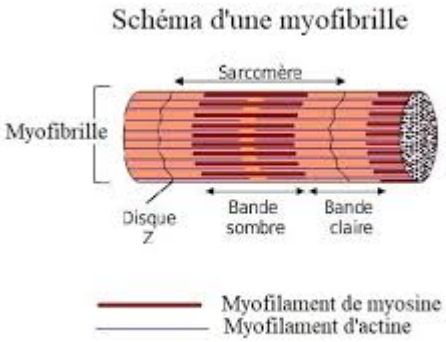
Chapitre 5 - LE SYSTÈME MUSCULAİRE

Les muscles donnent avec les os, sa forme au corps.
Le rôle principal des muscles est d'assurer les mouvements du corps ou des organes dans lesquels ils se trouvent.

Par exemple, en raison de la contraction et de la relaxation des muscles squelettiques, divers mouvements tels que la parole, la respiration, la marche, la course etc. se produisent.

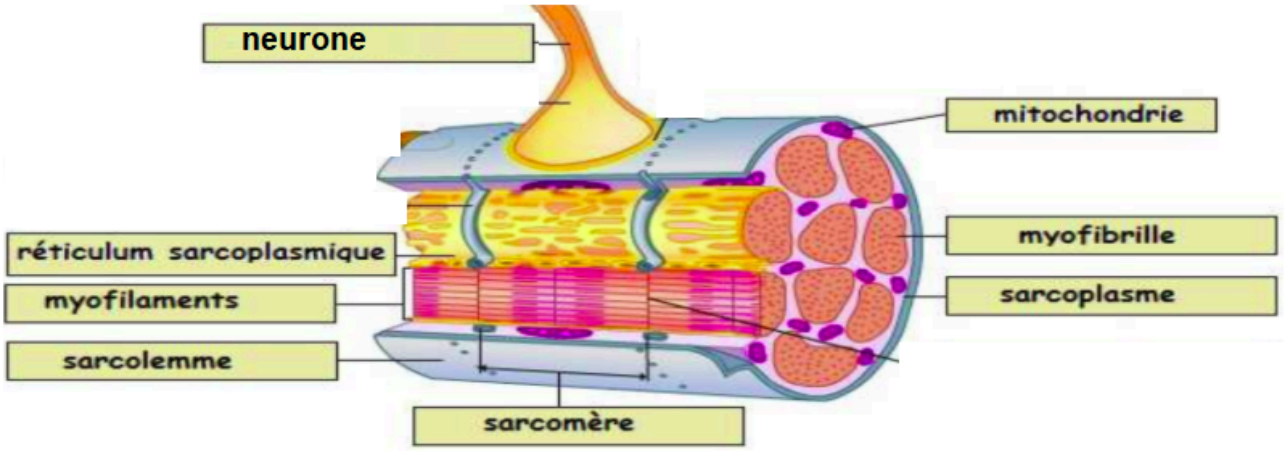
Les muscles lisses qui fonctionnent involontairement permettent le mouvement de nos organes internes. Le sang est pompé dans tout le corps et les poumons par la contraction du muscle cardiaque. De cette façon, les substances nécessaires sont livrées aux cellules.

I- Le Tissu Musculaire

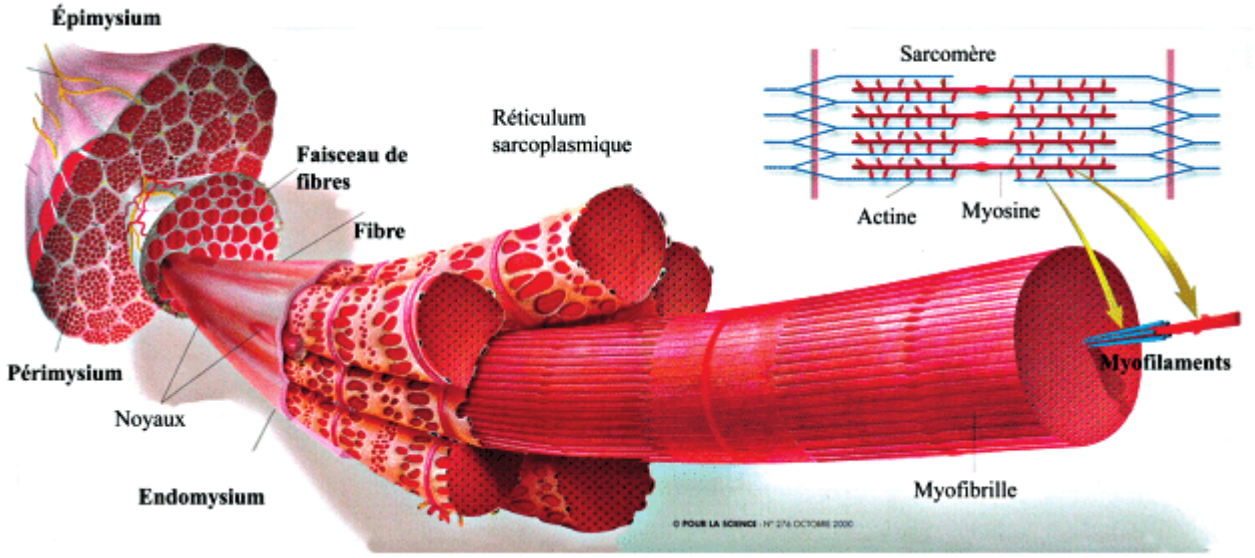


Les muscles sont constitués du tissu musculaire. Le tissu musculaire a la propriété de se contracter grâce à la présence des **fibres contractiles**: l'***actine*** **et la** ***myosine*** qui sont formés des protéines.

Les cellules musculaires sont des cellules spécialisées. La membrane des cellules est appelée la **sarcolemme,** son plasma est appelé le **sarcoplasme**, son réticulum endoplasmique est appelé le **réticulum sarcoplasmique**.



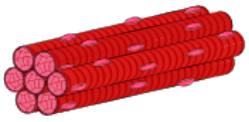
Les **myofilaments d'actine et de la myosine** (kas telcikleri) se réunissent pour former des **myofibrilles** (kas lifi) ; les myofibrilles se réunissent pour former des **faisceaux de fibres** (kas demeti) et les faisceaux de fibres vont former le **muscle** finalement.



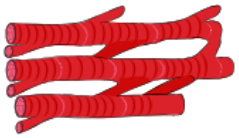
Les muscles ont un besoin énergétique élevé dans le tissu musculaire, le nombre de mitochondries des cellules musculaires est élevé (jusqu'à 2 000 mitochondries par cellule).

Il y a 3 types de muscles :

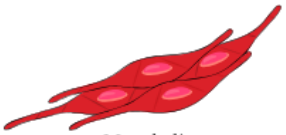
a) les **muscles striés (squelettiques)**, sous le contrôle du système nerveux somatique, permettent le plus souvent le déplacement des muscles du squelette.

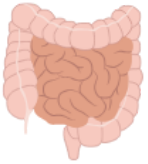

Muscle squelettique

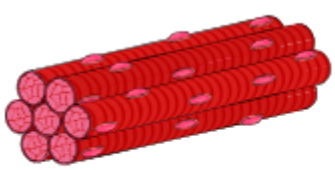
b) le **muscle cardiaque (muscle du cœur)** se contracte rythmiquement régulée par le système nerveux autonome.


Muscle cardiaque

c) les **muscles lisses**, sous le contrôle du système nerveux autonome (alors sans volonté), assurent les mouvements de la paroi d'organes internes

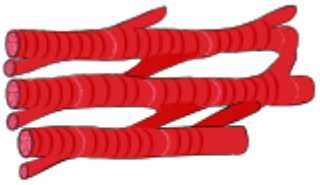

Muscle lisse





Muscle squelettique

Muscle lisse

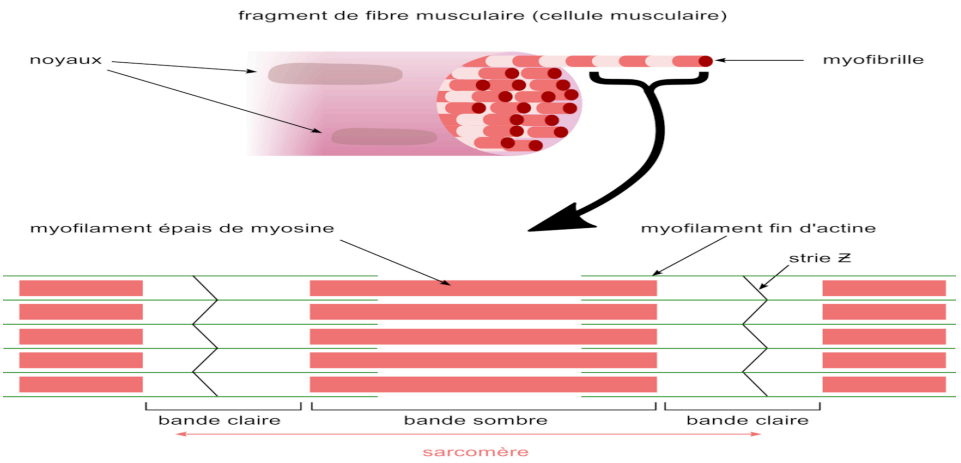


Muscle cardiaque

Muscle Squelettique	Muscle Lisse	Muscle Cardiaque
Ils sont formés par des cellules cylindriques.	Ils sont formés par des cellules fusiformes.	Ils sont formés par des cellules ramifiées et cylindriques.
Les cellules ont beaucoup de noyau.	Les cellules ont un seul noyau.	Les cellules ont un seul noyau.
Leur noyau est situé près de la membrane cellulaire.	Leur noyau se trouve dans le centre de la cellule.	Leur noyau se trouve dans le centre de la cellule.
L'actine et la myosine se trouvent de façon ordonné. (Les cellules sont striées.)	L'actine et la myosine se trouvent de façon désordonnée. (Les cellules ne sont pas striées.)	L'actine et la myosine se trouvent de façon ordonné. (Les cellules sont striées.)
Ils se contractent volontairement sous le contrôle du système nerveux somatique.	Ils se contractent involontairement sous le contrôle du système nerveux autonome.	Il se contracte rythmiquement et involontairement sous le contrôle du système nerveux autonome.
On trouve les muscles squelettiques dans les bras et les jambes.	On trouve les muscle lisses dans des organes creux.	On trouve le muscle cardiaque dans le coeur.

Les **muscles squelettiques** sont formés de beaucoup de noyaux. Ils travaillent vite et ils peuvent stocker l'oxygène grâce à la **myoglobine**. Ils travaillent volontairement sous le contrôle du cerveau.
Ils constituent la majeure partie des muscles humains (80%).

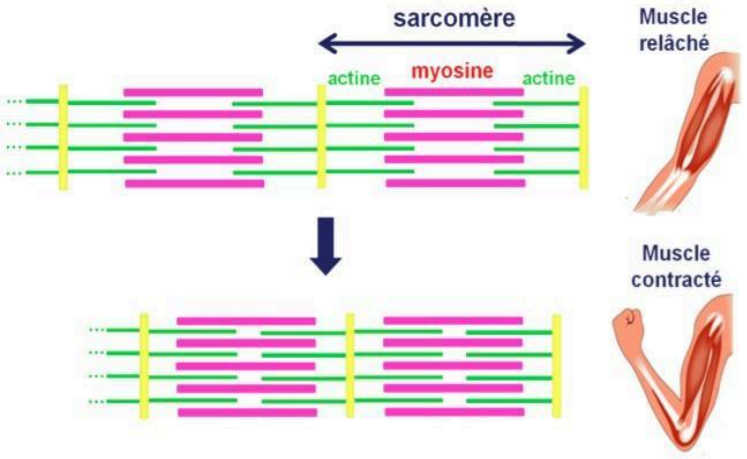
II- La Contraction du Muscle Squelettique (Hypothèse d'Huxley)

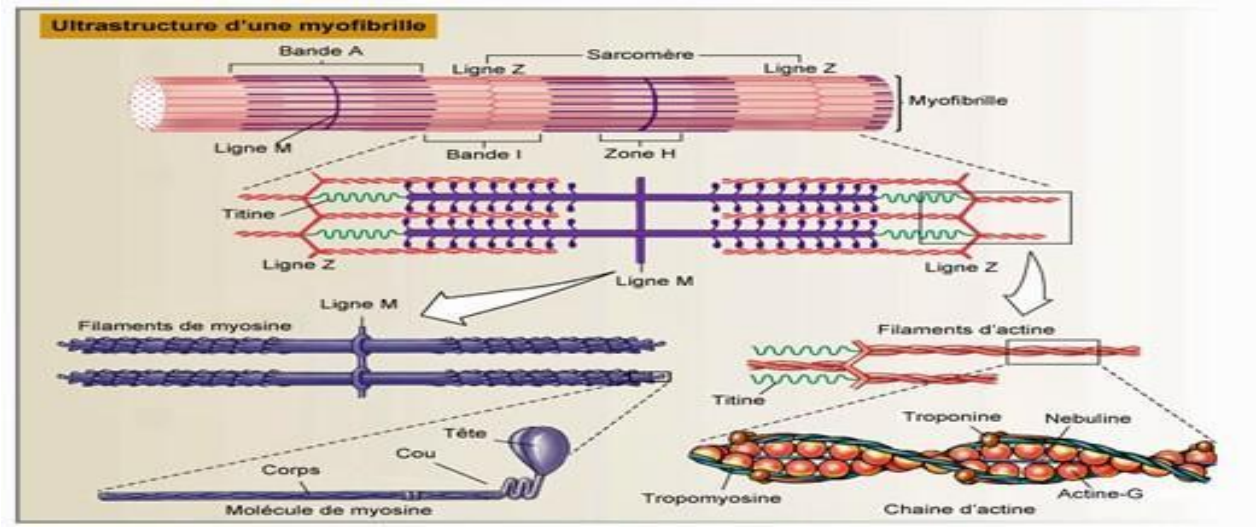


Les muscles squelettiques en forme striée, sont composés des protéines d'**actine** et de **myosine**.

Le **sarcomère** est l'unité structurale et contractile du muscle strié. Le glissement des filaments protéiques d'actine et de myosine constitue le mécanisme moléculaire à la base de la contraction musculaire.

Chaque sarcomère est donc un assemblage de deux types de filaments de nature protéique : des filaments fins d'actine et des filaments épais de myosine.





Les filaments épais occupent la partie centrale du sarcomère. Les filaments fins sont attachés aux extrémités du sarcomère et pénètrent en partie dans la zone centrale, alternant à ce niveau avec les filaments de myosine.

Les limites des sarcomères constituent **la bande (Ligne) Z.** La région entre deux bandes Z est le sarcomère. La taille de la myosine constitue **la bande A** qui est constituée d'actine et la myosine c'est pour ça qu'elle est sombre. **La région H** n'est formée que des filaments myosines de la bande A. **La bande I** est formée seulement des filaments d'actine et elle est plus claire que la bande A .

➔ **Dessine un sarcomère pour bien comprendre sa structure :**

Pendant la contraction d'un muscle :

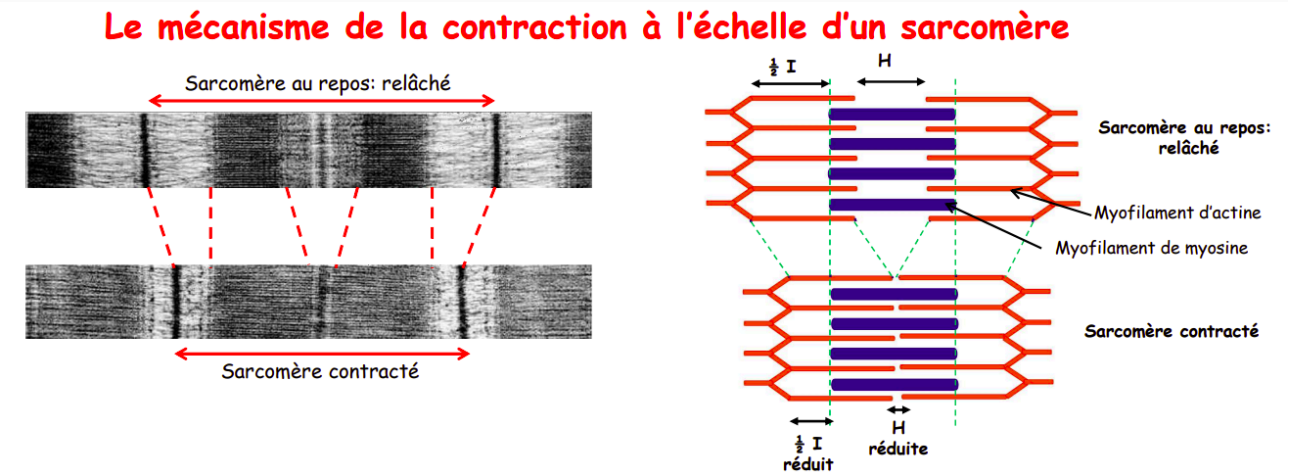
- Les protéines d'actine commencent à glisser vers les protéines myosines.

- Les bandes Z se rapprochent et le sarcomère se raccourcit.

- La taille de la bande I diminue et la bande H disparaît (ou bien devient plus court)

- La taille de la bande A ne change pas non plus.

-La taille du muscle diminue mais son volume et sa masse ne changent pas.



III- Le Mécanisme de la Contraction Musculaire

La contraction musculaire est contrôlée par le cerveau. Les neurones moteurs font la synapse avec les muscles squelettiques. Quand l'impulsion (influx nerveux) vient des neurones moteurs;

- L'acétylcholine (ACh) est sécrétée par le neurone moteur comme le neurotransmetteur

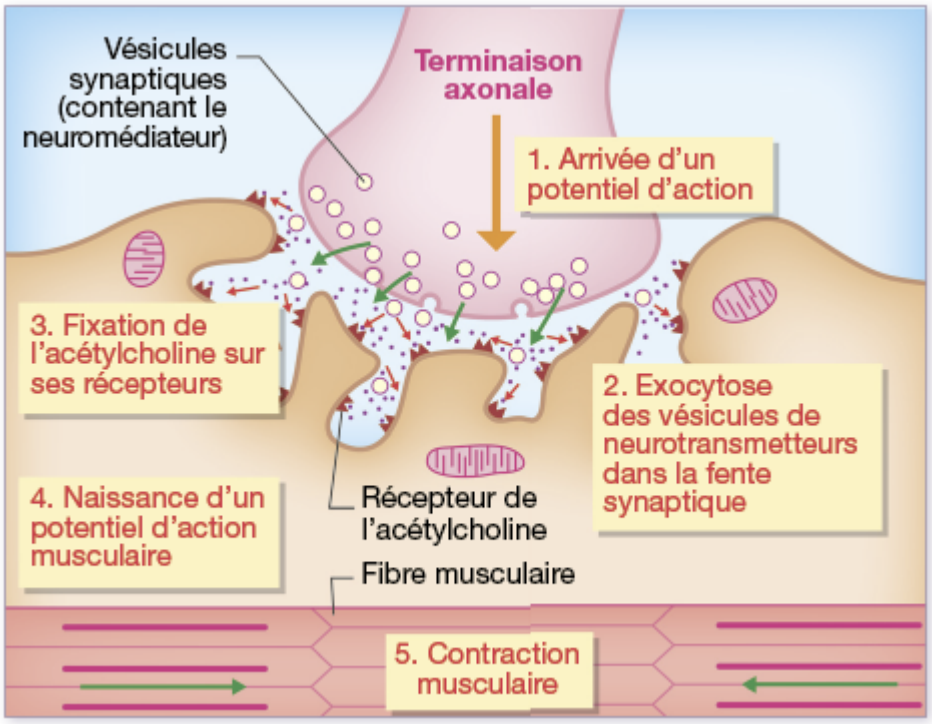
- L'acétylcholine s'attache aux récepteurs et facilite l'entrée de Na^+ dans les cellules musculaires

- Na^+ qui entre, cause un changement électrique dans la cellule et crée le potentiel d'action

- Le potentiel d'action va stimuler la libération de Ca2+ par le réticulum sarcoplasmique du muscle

- Ca^{2+} est sécrété et stimule l'enzyme ATPase. Avec l'activation de cette enzyme l'énergie produite fournit la contraction musculaire.

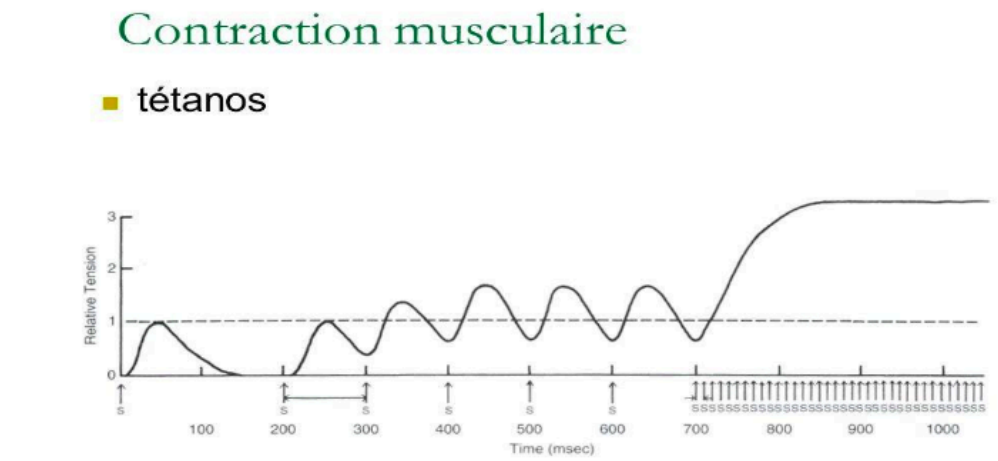
- A la fin de la contraction, les ions Ca^{2+} reviennent dans les réticulums sarcoplasmique et Le relâchement commence.

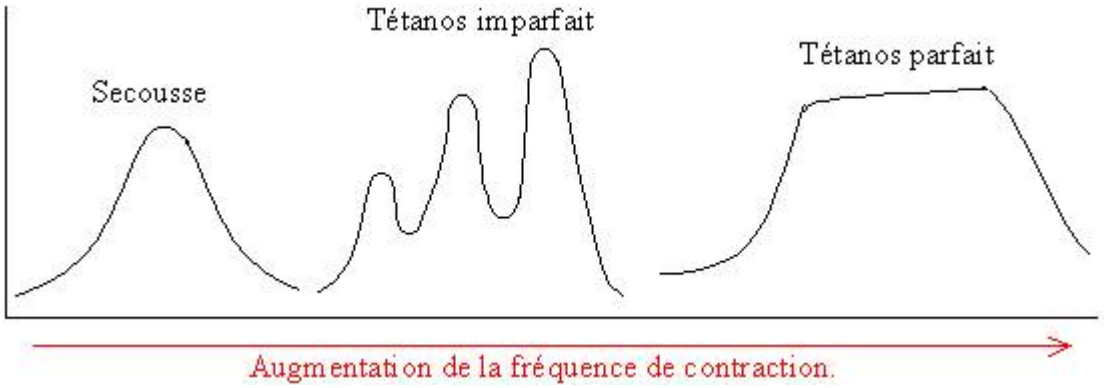


IV- Les graphiques sur la contraction musculaire

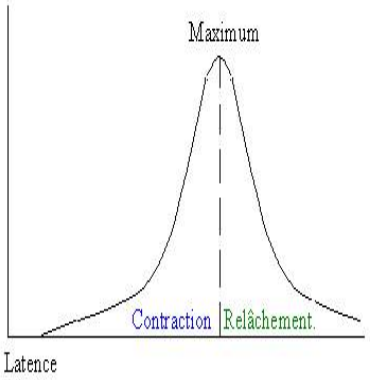
Quand un muscle s'excite, il réagit et se contracte.
Si le stimulus augmente, le muscle va se contracter plus fort.

Le **tétanos physiologique** désigne un état de contraction soutenu d'un muscle, qui résulte de la sommation temporelle de plusieurs contractions très rapprochées, et qui fait partie du fonctionnement normal des muscles squelettiques.

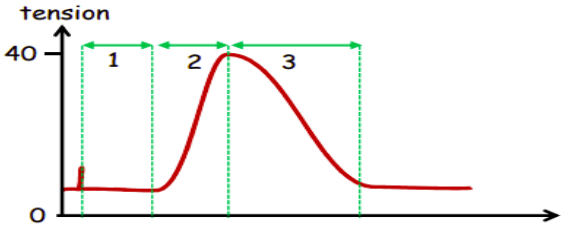




On appelle **la secousse musculaire** (kas sarsı) le relâchement d'un muscle qui s'est contracté et revient à son premier état.



La contraction musculaire représente l'activité mécanique du muscle. On peut enregistrer cette activité mécanique à l'aide d'un myographe, l'enregistrement obtenu s'appelle un myogramme. Le tracé s'appelle une secousse musculaire

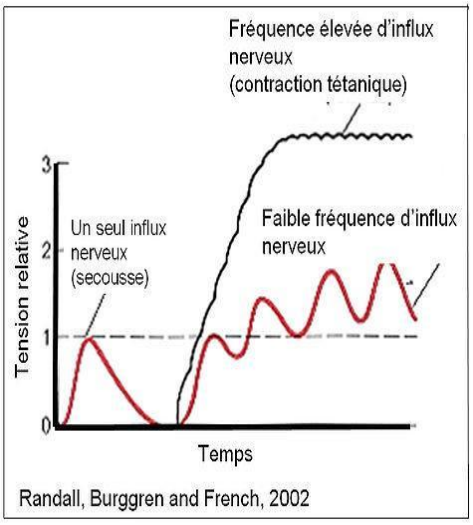


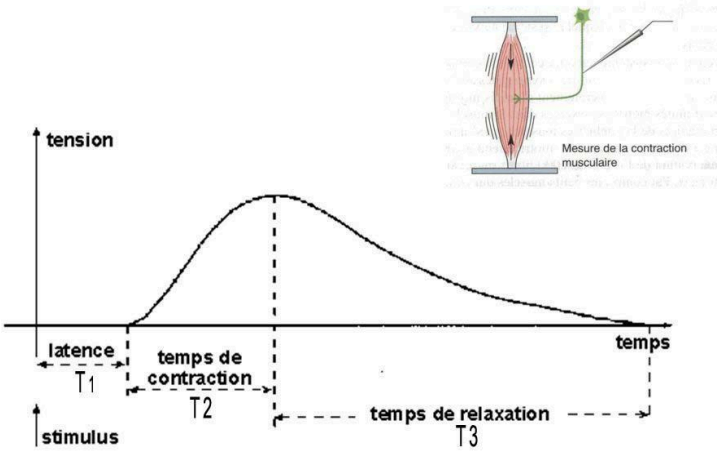
La secousse musculaire comporte 3 phases

1: temps de latence

2: phase de contraction: la tension musculaire augmente progressivement et atteint une valeur maximale

3: phase de relâchement: la tension musculaire diminue progressivement et retrouve sa valeur initiale





V- Les Sources d'énergie Utilisées Pendant la Contraction

Remarque : Attention, l'ATP est nécessaire à la contraction et à la relaxation de la fibre musculaire pour :

1-La molécule d'ATP fournit l'énergie aux muscles nécessaire pour la contraction :

⟶

2-Si ATP n'est pas suffisant et si les cellules musculaires ont besoin de plus d'énergie on va utiliser de la créatine phosphate (**phosphocréatine** ou du phosphate de créatine).

Pendant la contraction

Créatine phosphate + ADP ⟶ créatine + ATP

Pendant le relâchement

Créatine + ATP ⟶ créatine phosphate + ADP

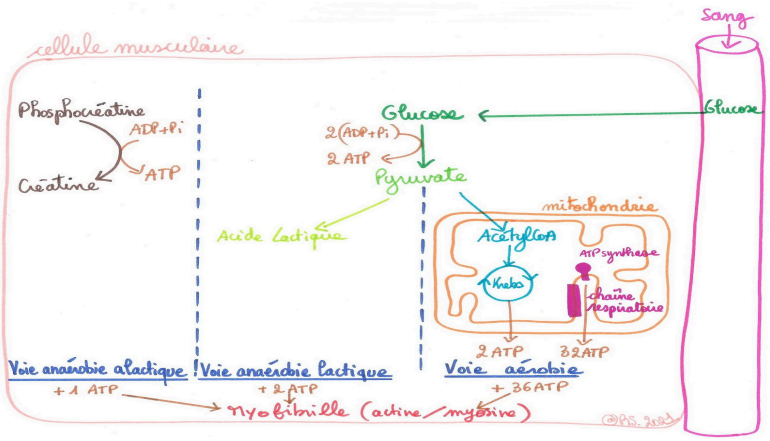
*** La créatine phosphate est synthétisée par le foie et stockée dans cellules musculaires.

3- A ce moment-là le muscle va continuer à **produire de l'ATP par la respiration aérobie**

⟶

4- Si l'O2 n'est pas suffisant le muscle va produire de l'**ATP par la fermentation lactique**

⟶

5- Pendant toutes ces étapes le muscle va hydrolysé le glycogène stocké pour avoir du glucose.

⟶